

ESTUDIO COMPARATIVO DE SISTEMAS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS MÉTRICOS EN REHABILITACIÓN

PÉREZ ZAPATA, C.

Departamento de Tecnología de la Edificación
Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica - U.P.M.
Grupo Energía, Edificación y Patrimonio

RESUMEN

Las técnicas más recientes y útiles en la toma de datos de fachadas, para crear modelos virtuales de las mismas que sean altamente fiables y detallados, son la Fotogrametría Convergente y el uso de Láser Escáner. El objetivo de esta ponencia es mostrar los resultados obtenidos en el levantamiento de una fachada concreta con ambos sistemas. Analizando todos los aspectos: instrumental, costes, tiempos, precisiones, etc. que permitan establecer conclusiones prácticas para los técnicos que trabajan en este campo.

1.- Introducción.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) recomendó la utilización de la fotogrametría para el levantamiento detallado de edificios y monumentos. En colaboración con la UNESCO, el Consejo Internacional de Monumentos y Conjuntos (ICOMOS) creó el comité internacional de Fotogrametría Arquitectónica (CIPA), para desarrollar las actividades necesarias para, entre otros objetivos, promocionar la utilización de la fotogrametría en los levantamientos e inventariado del patrimonio artístico monumental mundial. ¿Por qué dar prioridad a estas técnicas sobre otras, no solo en temas patrimoniales, sino también en restauraciones y rehabilitaciones en general?. Si bien no deben descartarse otros métodos tradicionales, como la medida directa de distancias, las intersecciones angulares o el empleo de estaciones totales tanto de infrarrojo como de láser, la fotogrametría ofrece una ventaja hasta ahora exclusiva: captura global de datos. Con los sistemas citados pueden tomarse datos con precisión y mayor o menor rapidez según el caso, pero son un muestreo del objeto a levantar, mientras que a través de la fotogrametría se realiza una toma de datos masiva y real. Es decir, todo aquello que se fotografía puede ser representado, sin olvidos, sin suposiciones (como que todas las ventanas sean iguales, o todas las aristas sean verticales, por ejemplo). Ofrece otras ventajas interesantes, como la de no necesitar contacto con el objeto a levantar; poder confeccionar modelos de diferentes precisiones y detalle a partir de la misma toma de datos, según sea necesario; en el caso de la fotogrametría convergente digital, mayor rapidez en el trabajo de campo y por consiguiente menor coste.

Los avances tecnológicos, que son cada vez más rápidos e impresionantes, han permitido la irrupción en el campo de la Topografía de los Láser Escáner 3D. El uso de este verbo no es casual: desde su comercialización han despertado un enorme interés entre todos los profesionales relacionados con temas de restauración y rehabilitación, debido sin duda a sus grandes prestaciones, que proporcionan resultados tan rápidos y precisos que pueden compararse en eficacia con los obtenidos a través de la fotogrametría. Parece por tanto, oportuno realizar un estudio para evaluar ambos métodos. Pero no desde un punto de vista puramente teórico, sino más pragmático, mediante la realización de un mismo proyecto con ambos sistemas, y así poder contrastar tanto resultados como fases del proceso.

Para este estudio se ha elegido la puerta de entrada del antiguo hospital del Carmen, que hoy día se encuentra entre la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y la Escuela Universitaria de Arquitectos Técnicos de la Universidad Politécnica de Madrid, en la Avenida Juan de Herrera. No se trata de confeccionar un modelo de grandes dimensiones o complicado, si no más sencillo y adecuado para el fin propuesto. Los resultados y conclusiones podrán después interpretarse y extrapolarse a otros edificios y a otros casos más amplios o complejos.

2.- Datos Técnicos de los equipos.

2.1.- Láser Escáner.

El empleado ha sido el modelo HDS-3000 de la casa Leica, cuyas características más destacables son (figura.1):



Figura.1

Campo de visión: 360° (horizontal) x 270° (vertical).

Precisión de puntos: en distancia 6mm. En posición 4mm.

Precisión angular: horizontal y vertical 60 micro radianes.

Tipo de láser: Por pulsos. Clase 3R.

Rango: desde 1m. hasta 100 m.

Frecuencia de Escaneo: 1800 puntos/segundo.

Mínima distancia entre puntos: 1,2 mm.

Máximo fila (horizontal): 20.000 puntos.

Máximo columna (vertical): 5.000 puntos.

Captura de imágenes: individual 1 megapíxel. Total 111 imágenes.

Pesos: del escáner 16 Kg. De batería 12 Kg.

El instrumento que escanea debe transferir los datos a un ordenador portátil, conectado a él y con el software adecuado, que en este caso es el Cyclone-Scan. Los requerimientos mínimos del sistema para este programa son:

Procesador: 2,0 GHz. Pentium 4 o superior.

RAM: 512 MB-SDRAM.

Pantalla: SXGA+

Sistema operativo: Windows XP o 2000.

El posterior procesamiento de datos se lleva a cabo con el mismo software y por tanto los requerimientos mínimos informáticos son los mismos.

2.2.- Fotogrametría.

Para la captación de imágenes del objeto a representar puede usarse prácticamente cualquier tipo de cámara. En nuestro caso se ha empleado una cámara digital corriente, de fácil adquisición y de bajo coste. Se trata de la cámara Lumix, modelo DMC-FZ5 de la casa Panasonic, cuyas características más importantes y de interés para el trabajo, son (figura.2):

Sensor: 1/2,5" CCD de 5360.000 píxeles con filtro primario de color.

Objetivo: Leica con Zoom óptico de 12x, Focales de 6mm. a 72 mm. (equivalentes a 36-432mm. en cámara de película de 35mm.). F2.8 – F3.3.

Sensibilidad ISO: Auto/80/100/200/400.

Velocidad de obturación: desde 8 hasta 1/2000.

Dimensiones: 108mm.(ancho) x 68mm (alto) x 85 mm (fondo)

Peso: 290 gramos.



Figura.2

Para el procesamiento de datos se utiliza el software de fotogrametría convergente Photomodeler, de la firma Eos system en su versión 5, que puede funcionar en prácticamente cualquier ordenador. En este caso se ha utilizado un portátil de las siguientes características:

Procesador: 1,5 GHz. Pentium M

RAM: 512 MB.

Pantalla: estándar de resolución 1280 x 800.

Sistema operativo: Windows XP profesional (SP1).

3.- Metodología para la obtención de datos.

3.1.- Fase de campo con el láser escáner.

De forma resumida las etapas del trabajo de campo han sido las siguientes:

- 1.- Reconocimiento del objeto y de su entorno para establecer las posiciones más adecuadas para estacionar el equipo, según campo de visión, obstáculos y distancias adecuadas. En nuestro caso se decidieron realizar dos estacionamientos, que deberían enlazarse entre sí, para lograr posteriormente un único modelo con los puntos medidos desde cada estación. En la primera se abarcaba todo el arco, para hacer una toma de datos más de conjunto. Necesariamente lateral para evitar los coches estacionados y a unos 20m. del objeto. En la segunda estación, frontal y a unos 15m. aproximadamente se hizo una segunda toma más detallada de la parte superior (figura.3).
- 2.- Situar dianas. En nuestro caso tres, que sean visibles desde ambas estaciones, para poder relacionarlas en el proceso de cálculo.
- 3.- Estacionar el Láser Escáner. Se debe calar un pequeño nivel esférico y después el mismo aparato se autonivela.

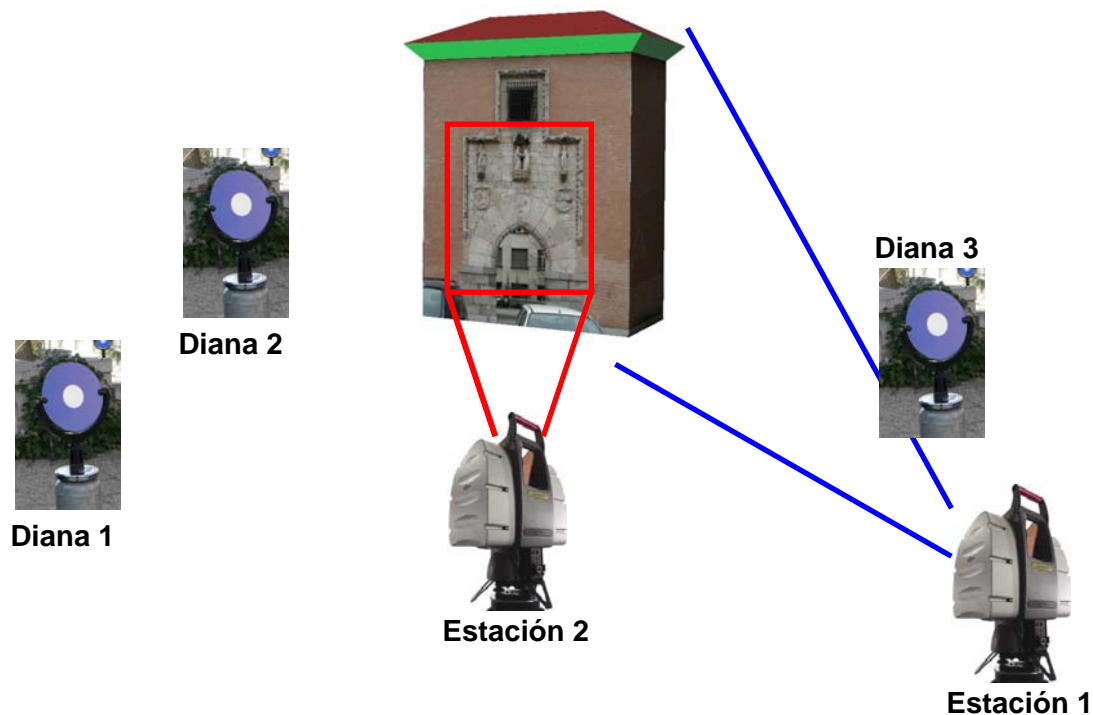


Figura.3

- 4.- Parámetros para el escaneado. En primer lugar se proporcionan unos límites amplios para que el aparato realice las fotografías de la zona (29 tomas en la primera estación y 37 en la segunda). Una vez presentadas en la pantalla del ordenador se delimita el área que se desea escanear, mediante una selección de ventana o poligonal. Se realiza además, una medida al objeto para delimitar también el intervalo en distancia a escanear. Para la primera estación se dan unos márgenes de 8m a 35m. En la segunda no se aplican (figura. 4).

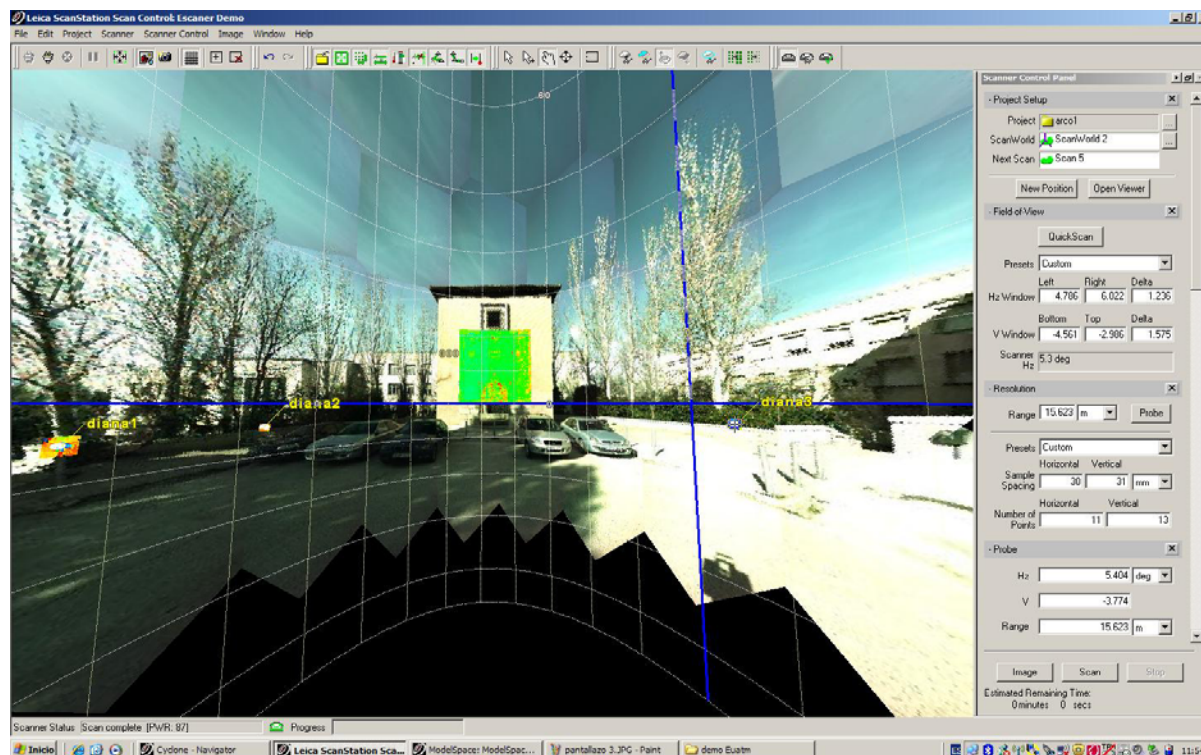


Figura.4

5.- Escaneado. Se inicia la toma de datos. Finalmente se mide a las dianas.

6.- Se traslada el aparato a la segunda posición y se repite el proceso.

3.2.- Fase de campo para el Photomodeler.

Deben tomarse más fotografías de las estrictamente necesarias. No se realizó un cálculo previo del tamaño del píxel para determinar la distancia mas adecuada a la precisión requerida. Por el contrario se situó la cámara a distancias similares a las del láser escáner, es decir, entre 15m y 20m. Con estos alejamientos el tamaño de un píxel representa una magnitud real del objeto de 5mm. y 9mm., respectivamente. No es necesario cumplir condicionantes como sucede con la fotogrametría tradicional, como porcentaje de solape entre tomas, direcciones paralelas de los ejes ópticos, etc. Únicamente procurar en lo posible que:

- El objeto a representar debe recubrir un porcentaje grande de cada fotografía.
- Todo lo que se quiera representar debe aparecer en al menos dos fotografías.
- Los ejes ópticos deben formar ángulos lo más próximo posible al ángulo recto.

4.- Metodología para la confección del modelos 3D y alzados.

4.1.- Fase de gabinete con el software Cyclone.

En campo el láser escáner envía la información de puntos de forma continua al ordenador. Inmediatamente después "in situ" puede verse en la pantalla la nube de puntos. Es decir, no necesita apenas cálculos. Tan solo, algunas ordenes para unir los escaneados de ambas estaciones a través de las dianas. En este levantamiento, la unión arrojó unos residuos de 2 mm. en X, 0 mm. en Y, y 1 mm. en Z.

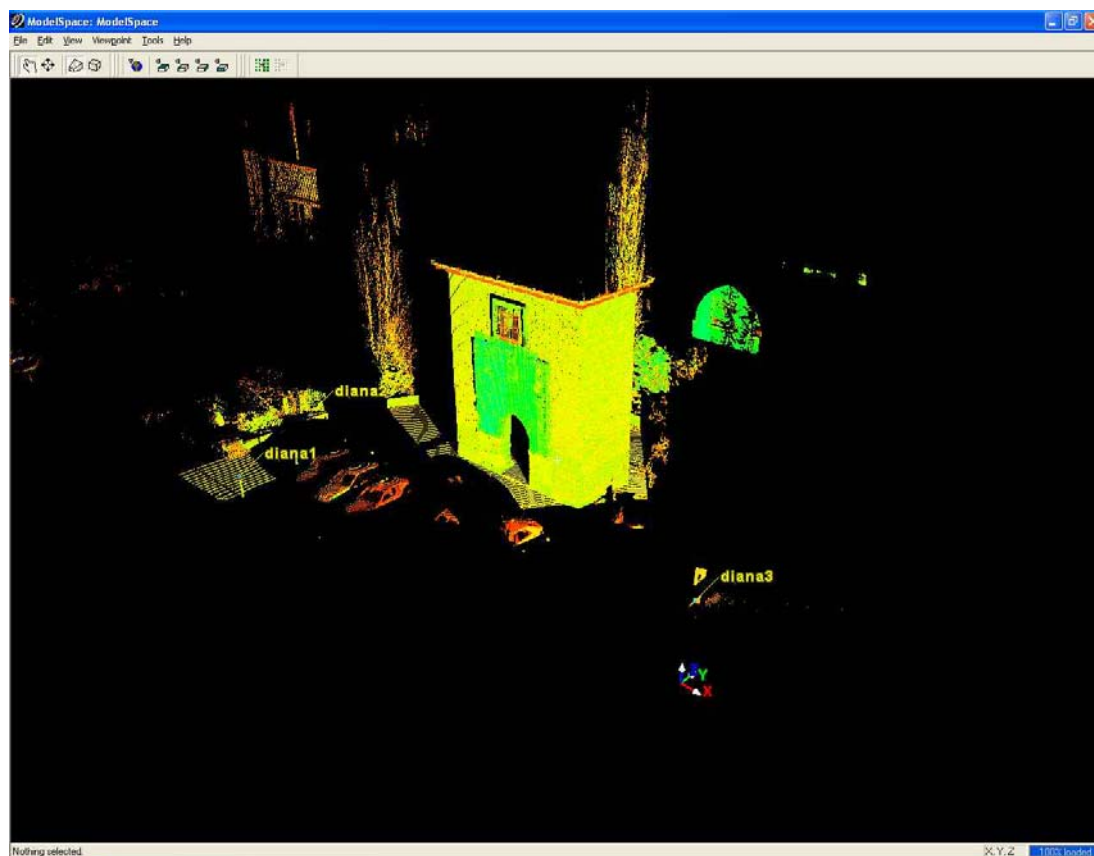


Figura. 5

Los ficheros que se generarían sin depurar los datos serían poco manejables. En Formato del programa, 142Mb. Si se exporta como fichero de puntos (PTS) ocupa 150 Mb., en listado de coordenadas cartesianas (TXT) sería de 102 Mb y en DXF para Autocad, 350 Mb. Esto no es extraño si se considera que en el escaneado con malla de 3 cm. (en amarillo) se han obtenido 184.000 puntos y unido al de malla de 3 mm. (en verde) alcanzan los 3,7 millones de puntos. Es preciso por ello, eliminar puntos no necesarios, tanto del objeto como fuera de él (Figura.5). En función de los resultados deseados puede operarse de formas diferentes. Entre ellas:

- Nube de puntos con diferentes colores según la zona o detalle a representar.
- Proyección de los puntos en un plano vertical para crear alzados. Figuras 6 y 7.
- Modelado con triángulos o malla, a los que se pueden aplicar texturas de las fotos tomadas.



Figura.6. Nube de puntos.



Figura.7. Alzado

4.2.- Fase de gabinete para el software Photomodeler.

De forma resumida las etapas a seguir son:

- Importación de las fotografías y asignación de cámara.
- Marcación de puntos homólogos. Los que aparecen en diferentes fotografías y representan un mismo punto real del objeto.
- Referenciación. Relacionar dichos puntos. Esto puede hacerse al mismo tiempo que la marcación.

- Procesado. El software realiza un ajuste con los parámetros de la cámara (focal, distorsiones, etc.) sus posiciones y las de los puntos marcados, para crear un modelo virtual en tres dimensiones con errores mínimos.
- Pueden añadirse detalles, más puntos, líneas rectas y/o curvas, cilindros y diferentes superficies (con textura de las fotos).
- Finalmente se exporta el modelo en diferentes formatos. Entre ellos, DXF en 2D o 3D, 3Dstudio, Rhino, VRML.

5.- Resultados obtenidos.

A continuación se muestra la nube de puntos obtenida con el láser escáner, así como un detalle de la misma. No se ha completado el modelo para crear el alzado, por carecer aún del equipo necesario. No obstante, los técnicos de Leica nos han asesorado en el procedimiento y tiempo necesarios (figura 8).

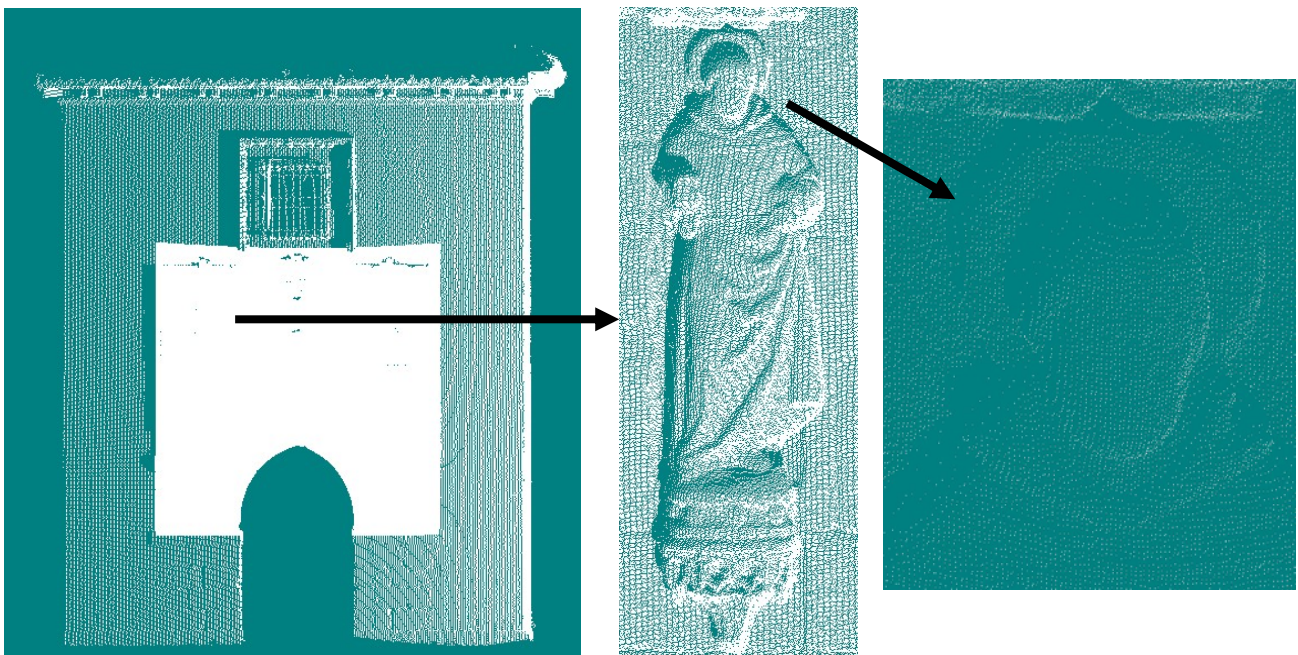


Figura. 8

Modelo del Photomodeler (figura 9.): a la izquierda con superficies y texturas. A la derecha con puntos, líneas rectas y curvas.

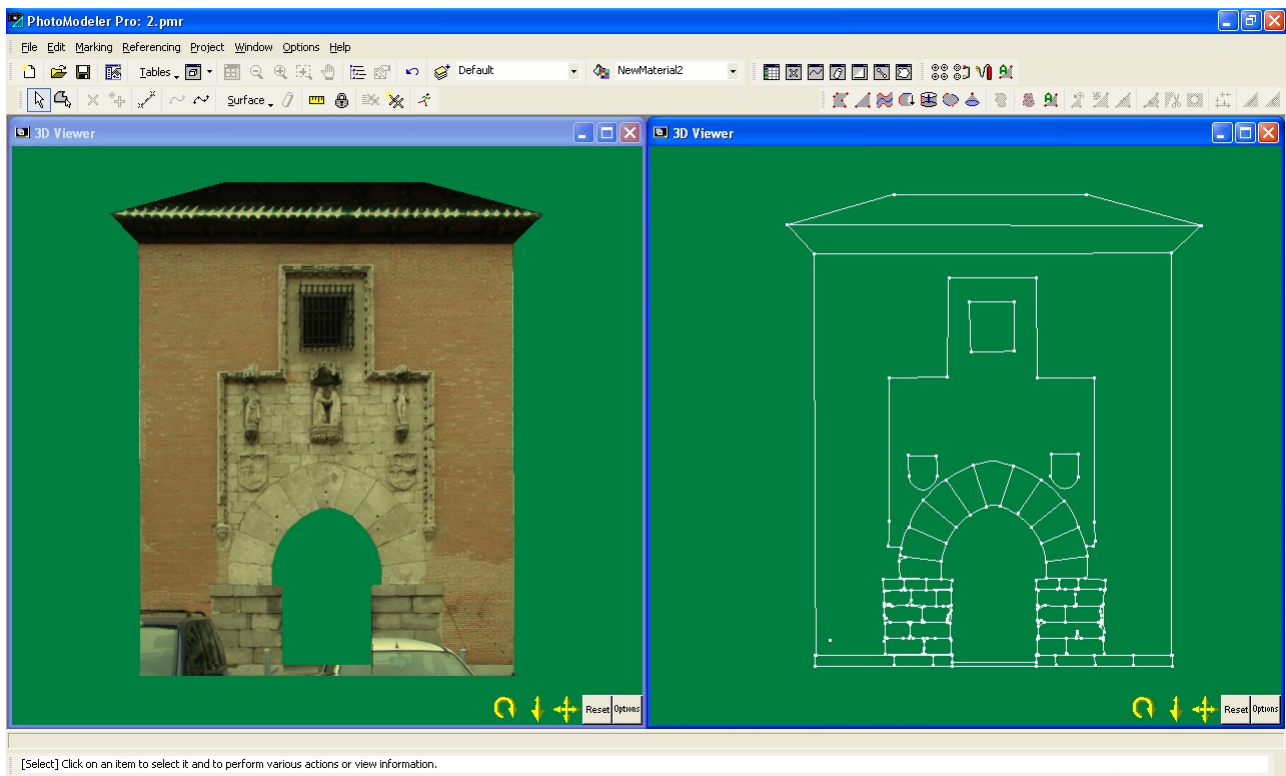


Figura. 9

6.- Contraste de sistemas.

- Tiempos en la toma de datos con el escáner:

En el reconocimiento de la zona, montar y estacionar el equipo, escaneado general y medición de dianas se tardaron 37 minutos. En la segunda estación para el escaneado de detalle se invirtieron 38 minutos. Esto supone un tiempo total en campo de 1h. 15 min.

El tiempo necesario para la toma de seis fotografías puede estimarse en 2 min.

- Tiempos en la confección del modelo:

Si se considera la nube de puntos como resultado final, el tiempo del escáner sería cero, ya que dichos puntos se generan y muestran de forma continua mientras son medidos. Para realizar el modelo completo y alzado puede estimarse aproximadamente en 6 h.

Para alcanzar con el Photomodeler el resultado que se muestra en la figura 9, se invirtieron 2h.

- Precisiones alcanzadas:

Los puntos obtenidos con el escáner tienen un error de posición de $\pm 4\text{mm.}$ o menor.

Los puntos obtenidos por fotogrametría tienen unos errores máximos de 0,01m. en X, y de , y de 0,007m en Z. (Los mínimos son de 0,005 m. en X e Y, y de 0,004 m. en Z).

- Cantidad de datos:

Láser escáner 3,7 millones de puntos

Photomodeler 80 puntos.

- Precios de los equipos:

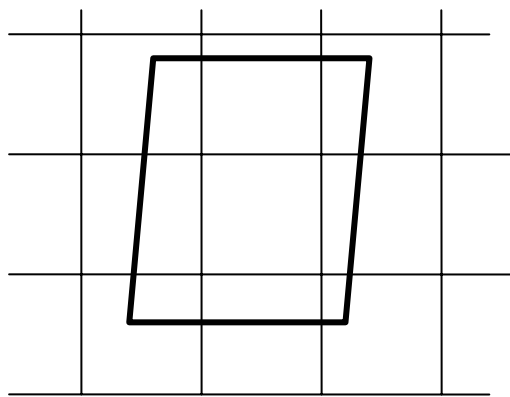
Láser escáner, incluyendo el software Cyclone, mas de 70.000 euros.

Fotogrametría: cámara utilizada 350 euros. Software 900 euros. Total 1250 euros.

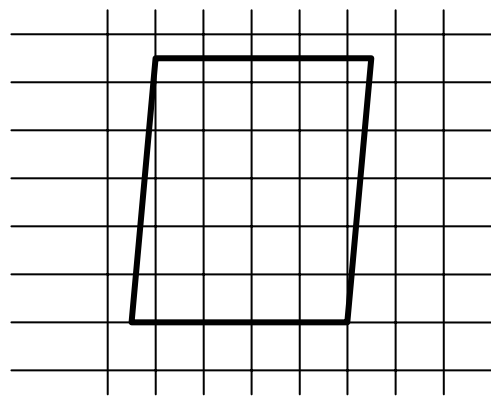
7.- Conclusiones.

La primera idea a destacar, ya mencionada en la introducción, es que ambos sistemas ofrecen una rapidez en la toma de datos inalcanzable con los demás sistemas que pudieran emplearse. Pero al mismo tiempo, son muy precisos, lo que les hace ser de gran aplicación. Tal vez en este aspecto gane terreno la fotogrametría, puesto que además de poderse realizar las fotografías en muy poco tiempo, con ellas puede confeccionarse desde un modelo con poco detalle, como el mostrado en la figura 9, hasta los mas minuciosos sin nuevas salidas al campo, incluso cuando el objeto haya cambiado o se haya destruido. Con el escáner debe decidirse la cantidad de puntos antes de comenzar el trabajo. Si estos no son suficientes deberán volverse a tomar los datos. Para evitar este inconveniente pueden tomarse más puntos de los que creamos en principio necesarios (malla de menor tamaño) y después en gabinete eliminarlos, pero esto comporta mayor trabajo.

El dibujo de puntos no puede compararse ya que en el escáner es inmediato. Y en el photomodeler es incluso tedioso y rutinario, aunque bien es cierto que se están eligiendo y marcando sobre una imagen del objeto, lo que hace que tomemos los que realmente necesitamos para la finalidad del levantamiento. De este modo, con no muchos puntos puede formarse el modelo. Tal vez esta sea la diferencia más importante entre ambos sistemas. Pero esto no supone que uno sea mejor o peor que otro, sino mas bien distingue entre ellos según el objetivo que se persiga. Si se pretende realizar el alzado de una fachada sin mucha ornamentación la fotogrametría resultará mucho mas eficaz, ya que el escáner deberá tomar una cantidad enorme de puntos innecesarios y aún en este caso faltarán algunos de los necesarios. Podemos comprender esto a la vista de la figura 10.



Ventana desvinciada
(16 puntos tomados. 0 Esquinas)



Densificación de la malla
(56 puntos tomados. 1 Esquina)

Figura. 10

Si para tener todas las esquinas se densifica aún más la malla, el número de puntos no necesarios tomados aumentará rápidamente. Pero además y como no tienen códigos, a la hora de unirlos no sabremos cual elegir. Es decir, en la zona de una esquina habrá decenas de puntos. ¿Cuál de ellos es la esquina?

En estos momentos se están desarrollando métodos para la depuración de datos, que permitan eliminar los no necesarios según criterios, como igual profundidad, igual cota, etc.

Si en cambio, deseamos hacer el modelo de una fachada con gran número de detalles, como por ejemplo el pórtico gótico de una iglesia, para generar un curvado, el escáner es enormemente más rápido y por tanto más adecuado que la fotogrametría. Esto también nos hace reflexionar sobre conceptos tradicionales y que hasta ahora parecía que no cambiarían. Lo que hace tan solo unos años parecía ciencia ficción, es hoy día una realidad. Tal vez en el futuro ya no se usarán planos y se sustituirán por modelos virtuales en 3D del objeto a tratar. En todo caso, es claro que a medida que aumente la complejidad o extensión del trabajo aumenta la utilidad del escáner.

Debe aclararse que a diferencia del Photomodeler, existen otros software que permiten la visión estereoscópica del objeto a levantar. Con el utilizado puede verse el modelo creado en relieve mediante el sistema de anaglifs, pero no así las imágenes para crearlo (fotografías). Si por ejemplo, queremos confeccionar el modelo de una estatua de mármol blanco que no presenta muchos puntos diferenciados del fondo deberíamos proyectar una retícula de puntos sobre ella para poder realizar la marcación y referenciación. Esto que ya se ha experimentado puede dar excelentes resultados, pero no siempre es posible. Con el escáner no sería necesario y se podría llevar a cabo la toma de datos y representación directamente.

Los costes para la fotogrametría convergente son bajos, lo que la hace ser asequible para cualquier técnico o empresa. A cambio aporta buenos resultados en una generalidad de casos. El láser escáner, aún siendo de precios más elevados proporciona unos rendimientos que aconsejan su uso, sobre todo en casos específicos en los que otros sistemas serían poco prácticos. Téngase en cuenta por otra parte, que al igual que con otros instrumentos topográficos como las estaciones totales o los niveles láser, las

calidades y prestaciones irán aumentando prácticamente al mismo ritmo que irán bajando los precios.

Por todo ello podemos concluir que ambos sistemas son excelentes y aplicables tanto de forma individual como conjunta, haciendo que cualquier trabajo sea posible, cumpliendo requerimientos de detalle, calidad y rapidez que con otros sistemas no podrían alcanzarse.

Agradecimientos.

Por la cesión del equipo de láser escáner para la prueba así como su asesoramiento, a los técnicos de Leica Geosystems, S.L. Alicia Cid Martín y Rodrigo García.